



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 40 22 846 C 2

⑤① Int. Cl.⁵:
H 05 B 1/02
H 05 B 3/74
G 05 D 23/20

②① Aktenzeichen: P 40 22 846.0-34
②② Anmeldetag: 18. 7. 90
④③ Offenlegungstag: 23. 1. 92
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 11. 8. 94

DE 40 22 846 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Schott Glaswerke, 55122 Mainz, DE

⑦② Erfinder:
Schultheis, Bernd, 6501 Schwabenheim, DE; Kristen,
Klaus, 6200 Wiesbaden, DE; Taplan, Martin, 6507
Ingelheim, DE; Scheidler, Herwig, 6500 Mainz, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS	21 39 828
DE	37 44 372 A1
DE	37 36 005 A1
DE	36 39 186 A1
DE	33 14 501 A1
DE	31 17 205 A1
DE	31 00 938 A1
US	43 94 546
US	42 37 368
US	40 83 355

⑤④ Vorrichtung zur Leistungssteuerung und -begrenzung bei einer Heizfläche aus Glaskeramik oder einem vergleichbaren Material

DE 40 22 846 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Leistungssteuerung und -begrenzung bei einer Heizfläche aus Glaskeramik oder einem vergleichbaren Material, insbesondere bei einem Kochfeld.

Heizflächen aus Glaskeramik oder einem vergleichbaren Material finden beispielsweise Verwendung als Wand- oder Deckenstrahler, Wärmetauscher oder andere großflächige Beheizungseinrichtungen, die in beliebiger Weise beheizt werden können.

Von besonderem Interesse sind heutzutage elektrisch oder gasbeheizte Kochfelder oder Einzelkochstellen, deren Heizfläche aus Glaskeramik besteht. Kochfelder dieser Art sind allgemein bekannt und schon vielfach in der Patentliteratur beschrieben worden. Die Beheizung der Heizzonen dieser Kochfelder (ohne Beschränkung der Allgemeinheit werden die Heizzonen bei Kochfeldern im folgenden auch Kochzonen genannt) erfolgt mittels unterhalb der Glaskeramikkochfläche angeordneten Heizeinrichtungen, z. B. elektrisch betriebene Kontaktelemente, Strahlungselemente oder Gasbrenner. Weiterhin sind noch Induktionskochfelder bekannt.

Bei den bekannten Haushaltskochfeldern wird die Heizleistung für die Heizeinrichtungen durch Vorgabe vom Benutzer fest eingestellt oder durch ein wählbares Zeitprogramm elektronisch, elektromechanisch oder, bei Gasherden über Ventile, rein mechanisch gesteuert. Entsprechende Steuerungen sind beispielsweise in der DE 36 39 186 A1 beschrieben.

Es ist bekannt, Heizzonen eines Glaskeramikkochfeldes, die einen größeren Durchmesser aufweisen, zum Beispiel um Töpfe mit größerem Durchmesser und/oder unrunder, beispielsweise ovaler, Bodenfläche zu erhitzen, mit Heizelementen mit mehreren Heizkreisen zu beheizen. Es ist auch bekannt, neben den ständig in Betrieb befindlichen Dauerheizelementen sog. Zuschalt-Heizelemente einzusetzen, die nur in der Ankochphase mit Leistung beaufschlagt werden, um eine beschleunigte Aufheizung der Kochzone zu erzielen. Die geometrische Anordnung der Heizelemente bzw. Heizkreise unterhalb einer Heizzone ist dabei üblicherweise an die Geometrie des Kochgeschirrs angepaßt.

So wird zum Beispiel in der DE-OS 33 14 501 eine Heizplatte mit zwei zueinander konzentrischen Heizkreisen beschrieben, bei welcher der äußere Heizkreis als Zuschaltheizkreis ausgelegt ist.

Eine Heizeinrichtung mit einem Gasbrenner, der zwei unabhängig voneinander mit Gas beaufschlagbare Brennerkammern aufweist, die z. B. zueinander konzentrische Zonen im Kochzonenbereich begrenzen können, wird in der US-PS 4 083 355 beschrieben.

Bei den üblicherweise eingesetzten Glaskeramiken sind die maximalen Betriebstemperaturen auf 700°C zu begrenzen, um Beschädigungen der Kochfläche durch Überhitzung zu vermeiden.

Die Praxis hat gezeigt daß Überhitzungen, d. h. anormale thermische Belastungszustände bei Glaskeramikkochflächen ihre Ursache meist in der Verwendung schlechten Kochgeschirrs oder Fehlbedienungen haben.

So tritt z. B. bei Kochgeschirr mit unebener Auflagefläche ein örtlich unterschiedlicher Wärmeentzug in der Kochzone auf. Durch Unachtsamkeit kann leerkochendes Geschirr noch höhere Temperatur/Zeit-Belastungen für die Glaskeramik verursachen. Weitere Extrembelastungen verursachen Töpfe mit zu kleinen Durchmessern sowie versehentlich versetzt, d. h. nicht zen-

trisch aufgestellte Töpfe. In diesen Fällen wird die Kochzone in den vom Topf nicht abgedeckten Bereichen überhitzt. Die Oberflächentemperatur der Glaskeramik kann in solchen Fällen erheblich über den im Leerlauf, d. h. ohne Topf, gemessenen Temperaturen liegen. Temperaturerhöhungen von bis zu 200° K über der Oberflächentemperatur im Leerlauf sind möglich.

Diese anomalen thermischen Belastungen im Bereich der Kochzonen können sich im Laufe der Zeit zu hohen Temperatur/Zeit-Belastungen aufaddieren und die Zerstörung der Kochflächen zur Folge haben. Extrem hohe Temperaturen können das aufgesetzte Kochgeschirr und auch die Glaskeramikkochfläche beschädigen. Topfemaille kann beispielsweise bei versehentlich leerkochendem Stahlmail-Geschirr anschmelzen. Ebenso kann leerkochendes Aluminium-Geschirr durch schmelzendes Aluminium die Glaskeramikoberfläche beschädigen.

Da in der Praxis sowohl schlechtes bzw. ungeeignetes Kochgeschirr verwendet wird als auch die o. g. Fehlbedienungen vorkommen, muß die maximale Oberflächentemperatur im Leerlauf begrenzt werden. Aus dem gleichen Grund ist die spezifische Leistungsdichte der Heizeinrichtungen, bezogen auf die Fläche der beheizten Zone, auf derzeit ca. 7 Watt/cm² begrenzt.

Die oben geschilderten anomalen Belastungszustände können einerseits zur Beschädigung der Glaskeramikkochfläche führen und andererseits den Wirkungsgrad des Kochsystems erheblich verschlechtern.

Zur Temperaturüberwachung bei einer Glaskeramikkochfläche werden in der Regel sogenannte Schutztemperaturbegrenzer, z. B. zwischen den Heizelementen und der Glaskeramikkochfläche meist längs eines Durchmessers angeordnete Stabausdehnungsschalter, eingesetzt, die üblicherweise bei Überschreiten einer bestimmten Grenztemperatur die Heizeinrichtung ganz abschalten oder in ihrer Leistung vermindern.

Diese Schutztemperaturbegrenzer haben den Nachteil, daß sie lediglich die Temperatur unterhalb und nicht in der Kochfläche erfassen. Aufgrund der schlechten Wärmeleitung in Glaskeramik wird die Temperatur auch nur in unmittelbarer Nähe des Stabausdehnungsschalters detektiert. Darüber hinaus führt die Anordnung längs des gesamten Durchmessers der Kochzone dazu, daß bei Auftreten einer vom Stabausdehnungsschalter detektierbaren Überhitzung, unabhängig davon, ob diese lokal sehr begrenzt ist, und ob ein oder mehrere Heizelemente davon betroffen sind, immer die gesamte Heizeinrichtung in der Kochzone abgeschaltet bzw. in ihrer Leistung vermindert wird.

Aus der deutschen Patentschrift DE-PS 21 39 828 ist bekannt, daß Glas, Glaskeramik oder ähnliche Materialien einen von der Temperatur abhängigen elektrischen Widerstand besitzen, so daß daraus durch Aufbringen von Leiterbahnen, z. B. aus Edelmetallen, Temperaturmeßwiderstände mit steiler Widerstands-Temperatur-Kennlinie, ähnlich dem der bekannten NTC-Widerstände, hergestellt werden können.

Diese Art von Temperatur-Sensoren werden in der US-PS 4 237 368 in Verbindung mit entsprechender Beschaltung dazu benutzt, den o. g. Schutztemperaturbegrenzer vollkommen zu ersetzen. Dazu werden in jeder Kochzone jeweils zwei zueinander parallele Leiterbahnen, die jeweils einen streifenförmigen Glaskeramikttemperaturmeßwiderstand begrenzen, ähnlich wie die oben erwähnten Stabausdehnungsschalter, längs des Durchmessers der Kochzone auf die Glaskeramikkochfläche aufgebracht.

Diese Temperatursensoren erlauben zwar die Messung der Temperatur der Glaskeramikkochfläche selbst, die übrigen oben beschriebenen Nachteile bestehen jedoch auch hier.

Aus der US-PS 4,394,564 ist ein Temperaturüberwachungs- und Leistungszufuhrsteuersystem bekannt, das nicht nur eine flächendeckende unmittelbare Temperaturüberwachung im Bereich der gesamten Kochzone ermöglicht, sondern auch noch eine Leistungsanpassung an den örtlich unterschiedlichen Wärmeentzug bei den meistens bekannten anomalen thermischen Belastungsfällen. Dieses System, das für eine herkömmliche Masse-Kochplatte aus Aluminium entwickelt wurde, sieht vor, daß die Heizplatte mittels mehrerer unabhängig voneinander schalt- und steuerbarer Heizelemente beheizbar ist und daß die Temperatur in den einzelnen Heizelementen zugeordneten Bereichen der Heizplatte mittels mehrerer voneinander unabhängiger Temperatursensoren überwacht wird und daß die einzelnen Heizelemente in Abhängigkeit von den Temperatursignalen der zugeordneten Sensoren so geschaltet und gesteuert werden, daß die Leistungsverteilung in der Heizplatte an den örtlich unterschiedlichen Wärmeentzug angepaßt wird. Eine flächendeckende Temperaturüberwachung soll nach der Druckschrift dadurch gewährleistet sein, daß eine Vielzahl von Temperatursensoren in einem Raster über die Heizplattenfläche verteilt angeordnet werden.

Dieses System ist nicht ohne weiteres auf Kochflächen aus Glaskeramik übertragbar. Bei einer Heizplatte aus Aluminium, mit welcher sich die Druckschrift ausschließlich befaßt, kann die Anzahl der Temperatursensoren, die für eine flächendeckende Überwachung der Heizplatte benötigt werden, aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffes noch relativ gering gehalten werden. Will man nun aber das oben beschriebene Konzept zur Temperaturüberwachung und Steuerung der Leistungsverteilung in Abhängigkeit vom örtlich unterschiedlichen Wärmeentzug auch auf Kochflächen aus Glaskeramik übertragen, so stößt man bei der Realisierung des flächendeckenden Sensorsystems für Glaskeramikkochflächen auf Schwierigkeiten. Da die Wärmeleitfähigkeit von Glaskeramik bekanntermaßen sehr gering ist und somit örtliche Temperaturspitzen nur dann detektiert werden können, wenn sie in unmittelbarer Nähe eines Sensorpunktes auftreten, ist zur zuverlässigen, flächendeckenden Temperaturüberwachung der Heizzone eines Glaskeramikkochfeldes ein sehr enges Raster an Temperatursensoren erforderlich. Die Nachteile einer solchen Anordnung liegen auf der Hand.

Aufgabe der Erfindung ist, eine Vorrichtung zur Leistungssteuerung und -begrenzung bereitzustellen, welche in Anlehnung an das aus der US-PS 4,394,564 bekannte Prinzip auch bei einer Heizfläche aus Glaskeramik eine zuverlässige möglichst flächendeckende Temperaturüberwachung sowie eine Anpassung der Leistungszufuhr an den örtlich unterschiedlichen Wärmeentzug ermöglicht.

Diese Aufgabe wird gelöst mit einer Vorrichtung zur Leistungssteuerung und -begrenzung bei einer Heizfläche aus Glaskeramik oder einem vergleichbaren Material, insbesondere bei einem Kochfeld, mit wenigstens einer Heizzone mit einer Heizeinrichtung bestehend aus wenigstens zwei konzentrisch zueinander angeordneten, unabhängig voneinander schalt- und steuerbaren Heizelementen, die in der Heizzone zugeordnete, zueinander konzentrische Bereiche begrenzen, mit wenig-

stens einem ringförmigen, konzentrischen, in der Glaskeramikkochfläche durch parallele Leiterbahnen begrenzten Glaskeramikttemperatureßwiderstand in jedem einem Heizelement zugeordneten Bereich der Heizzone, sowie mit in Wirkverbindung mit den jeweils einem Heizbereich zugeordneten Glaskeramikttemperatureßwiderständen stehende Steuer- und Regeleinrichtungen zur Steuerung und Begrenzung der Leistungszufuhr zu dem jeweils zugeordneten Heizelement.

Die vorliegende Erfindung macht sich die Tatsache zunutze, daß prinzipiell den aus der DE-PS 21 39 828 bzw. US-PS 4,237,368 bekannten streifenförmigen Glaskeramikttemperatureßwiderständen jede beliebige Gestalt gegeben werden kann. Die ringförmige konzentrische Anordnung der Glaskeramikttemperatureßwiderstände in jedem einem Heizelement zugeordneten konzentrischen Bereich der Heizzone einer Kochfläche ermöglicht aufgrund der Anpassung an die bei den meistens anomalen thermischen Belastungsfällen auftretenden Temperaturverteilung sowie an die geometrische Anordnung der Heizelemente — z. B. in unmittelbarer Nähe von Heizwendelschleifen — eine weitgehend flächendeckende Temperaturüberwachung in diesem Bereich. Das Aufbringen der Leiterbahnen kann in an sich bekannter Weise mittels Siebdruck oder Aufdampfen und anschließendes Einbrennen erfolgen. Auch andere Methoden sind denkbar.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung lassen sich auch großflächige Wärmestrahler und Wärmetauscher mit Heizflächen aus Glaskeramik, Glas oder ähnlichen Materialien überwachen und steuern.

An Stellen des größten Energieentzugs erfolgt nach der Erfindung die Beheizung auch bei schlechter Topfqualität mit optimaler Heizleistung, während an Stellen mit geringem Wärmeentzug durch Verminderung, z. B. Takten, der Heizleistung Überhitzungen vermieden werden.

Die Umwandlung der Temperaturmeßsignale in Steuersignale für die Leistungsversorgung der Heizelemente erfolgt mit Hilfe an sich bekannter Steuer- und Regeleinrichtungen.

Im einfachsten Fall wird bei Überschreiten einer vorgegebenen Schwellentemperatur die Leistungszufuhr für die Heizelemente so lange unterbrochen, bis die Temperatur in dem zugeordneten überhitzten Kochzonenbereich wieder unterhalb der Schwellentemperatur liegt. Danach wird wieder die volle Heizleistung zugeschaltet.

Bei Kochfeldern werden kürzere Kochzeiten jedoch dann erzielt, wenn die Leistungszufuhr für die Heizelemente in zeitlichen Abständen stetig oder stufenweise, beispielsweise jeweils auf ein um wenigstens 10% vermindertes Niveau, so lange reduziert wird bis die Heizleistung der Heizelemente optimal an den maximal möglichen Wärmeentzug in dem zugeordneten Bereich der Heizzone angepaßt ist.

Die stufenweise Leistungsreduzierung bei unterschiedlichen Schalttemperaturen kann in an sich bekannter Weise derart erfolgen, daß für jede Schalttemperatur ein gesonderter Temperatursensor in dem dem jeweiligen Heizelement zugeordneten Bereich der Heizzone vorhanden ist. Es ist jedoch von Vorteil, für diesen Zweck nur einen einzigen Temperatursensor zu verwenden, dem ein Schalt- und Steuerorgan nachgeschaltet ist, das nacheinander bei unterschiedlichen Temperaturen auf verschiedene Leistungsniveaus zurückschaltet.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren näher erläutert:

Es zeigen:

Fig. 1 in einer schematischen Darstellung eine erfindungsgemäße Vorrichtung bei einem Haushaltskochfeld mit Glaskeramikkochfläche, wobei zwei ringförmige, zueinander konzentrisch angeordnete Temperatursensoren entsprechend der Anordnung der Heizkreise eines Zweikreisheizelements den Mitten- und den Randbereich einer Kochzone überwachen;

Fig. 2 die Vorrichtung aus Fig. 1 in einer Längsschnittdarstellung;

Fig. 3a und 3b eine Sensoranordnung für nichtrunde Mehrkreisheizelemente,

Fig. 4 zur Verdeutlichung der Funktionsweise eines Glaskeramiktemperaturmeßwiderstandes in einer schematischen Darstellung einen vergrößerten Ausschnitt aus einer Anordnung aus zwei parallel verlaufenden Leiterbahnen mit dazwischenliegendem Glaskeramikwiderstand;

Fig. 5a in einer schematischen Darstellung eine bekannte Schaltungsanordnung für die Sensoranordnung aus Fig. 1 zur Einstellung des Temperaturbereichs mit größter Meßempfindlichkeit;

Fig. 5b in einer schematischen Darstellung eine bekannte Schaltungsanordnung für die Sensoranordnung aus Fig. 1 zur Umwandlung der Temperaturmeßsignale in Steuersignale für die Leistungsversorgung der Heizkreise.

Fig. 6 für eine mit einem Zweikreisheizelement beheizte Kochzone für vier verschiedene Belastungsfälle den Verlauf der Sensorsignale mit der Zeit bei einer Leistungssteuerung und -begrenzung gemäß der Erfindung.

Bei der Vorrichtung in Fig. 1 sind innerhalb der Kochzone (1) eines Glaskeramikkochfeldes auf der Glaskeramikunterseite Leiterbahnen (2) aus Gold angeordnet. Die Leiterbahnführung ist derart gewählt, daß der Außenkreis (3a) und der Innenkreis (3b) eines Zweikreis-Heizelements (4) jeweils mit ringförmig ausgebildeten Leiterbahnen abgedeckt sind. Die Anschlußbereiche (5) liegen zum Schutz gegen thermische Belastungen außerhalb der Kochzone (1).

Fig. 2 zeigt die Anordnung, bestehend aus der Glaskeramikplatte (6), dem Zweikreis-Heizelement (4) mit den Heizwendeln (4a) und den auf der Unterseite der Glaskeramik aufgedruckten Leiterbahnen (2) sowie den Anschlußbereichen (5) im Schnitt.

Die Erfindung ist keineswegs auf die Verwendung der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Zweikreis-Heizelemente beschränkt. Prinzipiell können auch Heizeinrichtungen verwendet werden, die sich im Bereich einer Kochzone aus mehreren konzentrischen, unabhängig voneinander schalt- und steuerbaren Heizelementen zusammensetzen. Die Erfindung kann darüber hinaus auch bei Gasbrennern zur Anwendung kommen, so z. B. auch bei dem aus der US-PS 4 083 355 bekannte Gasbrenner mit zwei voneinander unabhängig mit Brennstoff beaufschlagbaren konzentrischen Brennerkammern.

Bei den bei Kochfeldern mit Glaskeramikkochfläche möglichen Fehlbedienungen und/oder Unzulänglichkeiten des Kochgeschirrs tritt i. a. ein unterschiedlicher Wärmeentzug im Rand- und Mittenbereich der Kochzone auf. Die Verwendung von Mehrkreisheizelementen (mit und ohne Isolationsbarriere zwischen den Heizkreisen) — insbesondere Zweikreisheizelementen mit zwei zueinander konzentrischen Heizkreisen — die eine getrennte Beheizung von Rand- und Mittenbereich zu-

lassen, ist daher für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens besonders vorteilhaft. Es kann dabei je nach Anwendungsfall zweckmäßig sein, die einzelnen Heizkreise für unterschiedliche Flächenbelastungen auszulegen. Mit Hilfe einer ringförmigen Anordnung der Leiterbahnen über den Heizkreisen ist nicht nur eine wirkungsvolle Überwachung der den einzelnen Heizkreisen zugeordneten Bereiche der Kochzone möglich, es werden damit auch alle für einen Belastungsfall relevanten Stellen im Bereich der Kochzone erfaßt.

Die Leiterbahnen (2) decken nur einen geringen Teil der Kochzone ab. Bevorzugt sind Leiterbahnbreiten von < 3 mm. Im vorliegenden Fall sind die Leiterbahnen 1—2 mm breit, so daß die Gesamtfläche der Leiterbahnen in Bezug auf die Fläche der beheizten Zone klein ist. Eine Beeinflussung des Gesamtwärmefflusses wird dadurch minimiert. Der Flächenwiderstand dieser Leiterbahnschichten ist $\leq 50 \text{ m}\Omega/\square$ bei Schichtdicken unter 1 μm .

Man erhält so zwei voneinander unabhängige Temperatursensoren, die die beiden Heizkreise (3a) und (3b) getrennt überwachen. Analog zu der oben beschriebenen Anordnung werden für andere, nichtrunde Heizelemente den jeweiligen Umrissen bzw. Geometrien angepaßte Leiterbahnanordnungen gewählt, mit denen die einzelnen Kochzonenbereiche getrennt überwacht werden. Fig. 3a und 3b zeigen entsprechende Anordnungen für eckige und ovale Mehrkreis-Heizelemente.

Die parallel geführten Leiterbahnen (2) innerhalb der Kochzone (1) begrenzen schmale kreis- oder linienförmige Temperaturmeßzonen, in denen das von den Leiterbahnen eingegrenzte Glaskeramik-Volumen als temperaturabhängiger Widerstand dient. Die elektrische Leitung der Glaskeramik beruht, wie bei Gläsern, auf der Ionenleitung. Die Abhängigkeit wird durch das Gesetz von Rasch und Hinrichsen beschrieben:

$$R = a \cdot \exp(b/T) \quad (\text{Gl. 1})$$

R ist der spezifische Widerstand der Glaskeramik in $\text{Ohm} \cdot \text{cm}$ bei der absoluten Temperatur T in Kelvin.

a und b sind von der Geometrie der Leiterbahnen und von der Glaskeramik abhängige Konstanten (a in $\text{Ohm} \cdot \text{cm}$ und b in K).

Der Temperaturkoeffizient dieser Meßwiderstände ist negativ. Er ist stark temperaturabhängig und beträgt z. B. für Glaskeramiken des Systems $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Li}_2\text{O}$ bei 300°C 3,3%/°C.

Der elektrische Gesamtwiderstand einer solchen Anordnung setzt sich aus beliebig vielen parallel geschalteten differentiellen Widerständen mit negativem Temperaturkoeffizienten zusammen und läßt sich durch die nachfolgende Gleichung ausdrücken:

$$1/R = 1/R_1(T) + 1/R_2(T) + \dots + 1/R_i(T) + \dots + 1/R_n(T) \quad (\text{Gl. 2})$$

Der temperaturabhängige Widerstand jedes differentiellen Widerstands $R_i(T)$ läßt sich durch die nachfolgende Gleichung ausdrücken

$$R_i(T) = l_i/A_i \cdot a \cdot \exp(b/T_i) \quad (\text{Gl. 3})$$

worin l_i die Länge in cm und A_i die Querschnittsfläche in cm^2 eines jeden differentiellen Glaskeramik-Widerstands darstellen. Die Konstanten a und b sind von der Geometrie der Leiterbahnen und von der Glaskeramik abhängige Konstanten (a in $\text{Ohm} \cdot \text{cm}$ und b in Kelvin).

T_i ist die absolute Temperatur eines jeden differentiellen Widerstands in Kelvin.

Der elektrische Gesamtwiderstand wird durch den kleinsten Widerstand an der Stelle der höchsten Temperatur der Sensorzonen bestimmt, woraus eine automatische Anzeige der Maximaltemperatur in der jeweiligen Sensorzone resultiert. Lokal auftretende hohe Temperaturen bewirken, daß ein oder mehrere differentielle Widerstände im Verhältnis zu den anderen differentiellen Widerständen, die in kälteren Zonen liegen, niederohmig werden, so daß der Gesamtwiderstand eines Sensors nach Gl. 2 sehr klein wird.

Fig. 4 zeigt zur Verdeutlichung schematisch einen Ausschnitt von den gegenüber liegenden Leiterbahnen (2). Die dazwischen eingegrenzte Glaskeramik läßt sich als Parallelschaltung vieler temperaturabhängiger differentieller Widerstände auffassen.

Bei niedrigen Temperaturen besitzt diese Anordnung gemäß der Gl. 2 und 3 einen sehr hohen Widerstand. Bei höheren Temperaturen, beispielsweise den typischen Temperaturen, die im Leerlauf gemessen werden, nimmt der Widerstand um mehrere Größenordnungen ab. Ebenso nimmt der Widerstand erheblich ab, wenn nur in einem kleinen Bereich der Glaskeramik hohe Temperaturen auftreten, z. B. beim versetzten Topf. Ein Temperaturengleich zwischen benachbarten Zonen, die unterschiedliche Temperaturen besitzen, findet aufgrund der geringen Wärmeleitung bei Glas, Glaskeramik oder ähnlichem Material mit einem τ von typisch kleiner 2 W/mK kaum statt.

Die Umsetzung der temperaturabhängigen Leitfähigkeitsänderung der Glaskeramik in ein Meßsignal läßt sich in einem mit Wechselspannung versorgten Spannungsteiler realisieren, in dem ein Widerstand durch den temperaturabhängigen Widerstand der Sensorflächen gebildet wird. Die Festwiderstände des Spannungsteilers müssen, abhängig von der Sensorgeometrie so gewählt werden, daß bei Temperaturen, die die zulässige Temperatur/Zeit-Belastung überschreiten, für die Weiterverarbeitung ausreichende Signaländerungen am Spannungsteiler abgegriffen werden können. Der Temperaturbereich, in dem der größte Signalhub auftritt, kann durch Anpassen der Festwiderstände geändert werden. Die Festwiderstände dienen gleichzeitig der Strombegrenzung.

Die Wechselspannung ist erforderlich, Polarisations-effekte der Glaskeramik und die damit verbundene elektrochemische Zersetzung aufgrund der Ionenwanderung zu vermeiden. Bevorzugt werden für die anliegende Wechselspannung Frequenzen, die im Bereich zwischen 50 Hz und 1000 Hz liegen.

Fig. 5a zeigt schematisch die Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung, wobei jeweils ein Spannungsteiler (7) für jeden Temperatursensor dargestellt ist. Beide Spannungsteiler werden von einer Wechselspannungsquelle (8), hier als Transformator dargestellt, versorgt. Damit ist sichergestellt, daß die Glaskeramik, hier als temperaturabhängiger Widerstand (9) dargestellt, nicht von Gleichstrom durchflossen wird. Die beiden Festwiderstände (10a) und (10b) wurden so gewählt, daß eine große Signaländerung im Bereich von 500 bis 600°C auftritt. Dieser Temperaturbereich ist charakteristisch für die in der Praxis vorkommenden Oberflächentemperaturen innerhalb der Kochzonen (1) von Glaskeramik-Kochfeldern.

Über eine Gleichrichterschaltung wird das am Spannungsteiler anstehende Wechselspannungssignal gleichrichtet und einer geeigneten elektronischen Schaltung

zugeführt. Dies können Operationsverstärker, die als Komparatoren geschaltet sind, oder andere aus der Elektronik bekannte Schaltungen und Bauelemente, wie μ -Prozessoren oder dergleichen sein.

Die von den Sensoren gelieferten Signale werden in diesen Schaltungen derart verarbeitet, daß an deren Ausgang ein Signal zur Verfügung steht, mit dem sich die einzelnen Heizkreise über Relais oder Leistungs-Halbleiterbauelemente, wie Triac's oder MOS-FET's steuern lassen. Die Leistungssteuerung kann beispielsweise mittels Phasenanschnitt, Halb- oder Vollwellenpaketsteuerung mit unterschiedlichen Tastverhältnissen erfolgen, so daß auch stetige Temperaturregelungen möglich werden. Das Ausgangssignal der Steuerelektronik kann dabei auch über Optokoppler oder andere Schaltungen, die der galvanischen Trennung zwischen Steuerelektronik und Leistungsteil dienen, den oben beschriebenen Halbleiterbauelementen zugeführt werden. Ebenso lassen sich sogenannte Nullspannungsschalter realisieren, die die einzelnen Heizkreise der Heizelemente nur im Spannungsnulldurchgang schalten.

In der bestehenden Anordnung (Fig. 5b) wird das am Spannungsteiler (7) abgegriffene Signal über eine Gleichrichterschaltung (11) dem einen Eingang eines als Komparator geschalteten Operationsverstärkers (12) zugeführt. Der Komparator hat die Aufgabe, das von der Sensoranordnung stammende temperaturabhängige Signal mit einem fest eingestellten Spannungswert, der Schwellenspannung U_s in Fig. 5b zu vergleichen. Liegt die Spannung vom Sensor über der Schwellenspannung, was in der vorliegenden Anordnung bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen der Fall wäre, z. B. bei Verwendung guten Geschirrs, wird der Ausgang des Komparators durchgeschaltet. Dieses Signal wird über eine Diode (13) und einen Optokoppler (14) einem Halbleiter-Wechselstromschalter (Triac) mit integriertem Nullspannungsschalter (15) zugeführt, der die Heizwendel (4a) eines Heizkreises steuert. Besonders wichtig ist dabei, daß in der vorliegenden Anordnung eine galvanische Trennung zwischen elektronischer Meßschaltung und Leistungsteil gegeben ist.

Bei Unterschreiten der Schwellenspannung mit zunehmender Temperatur schaltet der Ausgang des Komparators (12) auf negatives Potential. Die Diode (13) sperrt, so daß der Triac (15) ebenfalls sperrt. Der entsprechende Heizkreis wird abgeschaltet. Die Temperatur der Glaskeramik nimmt infolgedessen wieder ab, wodurch sich der elektrische Widerstand der Sensoren wieder erhöht. Dadurch steigt die Spannung am Ausgang des Spannungsteilers wieder an. Sobald die gleichgerichtete Spannung U_i bzw. U_a wieder über der Schwellenspannung U_s liegt, schaltet der Ausgang des Komparators (12) wieder auf positives Potential, wodurch über die nun wieder leitende Diode der Triac (15) im Nulldurchgang zündet und damit die entsprechende Heizwendel eingeschaltet wird. Mit dieser Anordnung wird somit, getrennt für jeden Heizkreis, eine Regelung ermöglicht.

Für die Praxis hat dies folgende Auswirkungen:

Bei Verwendung guten Geschirrs bleibt die Oberflächentemperatur der Glaskeramik sowohl im Außenkreis (3a) als auch im Innenkreis (3b) unterhalb einer der Schwellenspannung entsprechenden Temperatur. Die Ausgänge der beiden Komparatoren besitzen ein positives Potential, so daß beide Heizkreise eingeschaltet sind und somit ihre volle Nennleistung abgeben können. Fig. 6a zeigt den zeitlichen Spannungsverlauf für U_i (Innenkreis) und U_a (Außenkreis).

Bei Kochgeschirr mit eingezogenem Boden erhitzt sich die Glaskeramik unter dem Topfboden aufgrund des schlechten Wärmeentzugs im Bereich des Innenkreises wesentlich stärker als im Außenbereich der Kochzone (1), da im Außenbereich die Glaskeramik in Kontakt mit dem Topfboden steht. Für den Innenkreis ist die Folge, daß die Schwellenspannung durch die höhere Temperatur unterschritten wird. Die Leistung des Innenkreises wird daher im zeitlichen Mittel so weit reduziert, daß ein Überschreiten der Temperatur/Zeit-Belastungsgrenze für die Glaskeramik ausgeschlossen ist. Fig. 6b zeigt den typischen Verlauf für U_i und U_a . Deutlich ist für den Innenkreis das Takten bei Erreichen der Schwellenspannung U_s zu erkennen. Die Hysteresis läßt sich durch geeignete Beschaltung des Komparators (12) einstellen. Im Falle eines Topfes mit nach außen gewölbtem Boden sind die Verhältnisse ähnlich, nur wird entsprechend der Lage der überhitzten Zone im Außenbereich der Kochzone nicht die Leistung für den inneren, sondern für den äußeren Heizkreis reduziert.

Bei den ebenfalls möglichen Belastungsfällen "versetzter Topf" oder "zu kleiner Topf", erhitzt sich der Außenbereich der Kochzone stärker als der Innenbereich, so daß die mittlere Leistung im Außenheizkreis entsprechend reduziert wird, Fig. 6c.

Für den Fall, daß ein Topf leerkocht, steigt die Temperatur der Glaskeramik im Innen- und Außenbereich stark an. In diesem Fall wird bei beiden Heizkreisen die Leistung reduziert, Fig. 6d.

Mit der oben beschriebenen Anordnung wird erreicht, daß die dem Topf zugeführte Leistung optimal an dessen Qualität angepaßt wird. Töpfen mit guter Qualität wird aufgrund des guten Wärmeentzugs die volle Nennleistung zur Verfügung gestellt, die, bezogen auf die Fläche der Kochzone, erheblich über der bisher in Glaskeramikkochfeldern eingesetzten Heizelemente liegen kann. Dadurch wird die Leistungsfähigkeit des Kochsystems wesentlich gesteigert.

Bei Verwendung schlechter Topfqualitäten oder bei Fehlstellungen des Kochgeschirrs wird die Leistungsverteilung so geändert, daß unter dem Topfboden die Temperatur/Zeit-Belastung der Glaskeramik reduziert wird. In den Bereichen der Kochzone, in denen der Topf aufsteht und ein guter Wärmeentzug stattfindet, wird eine gegenüber herkömmlichen Beheizungssystemen erhöhte Leistungsdichte beibehalten, während in Bereichen mit schlechtem Wärmekontakt die Leistung entsprechend reduziert wird. Insgesamt wird damit bei Ankochvorgängen mit schlechtem Geschirr die Ankochdauer infolge der höheren angebotenen mittleren Leistung verringert.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Leistungssteuerung und -begrenzung bei einer Heizfläche aus Glaskeramik oder einem vergleichbaren Material, insbesondere bei einem Kochfeld, mit wenigstens einer Heizzone mit einer Heizeinrichtung bestehend aus wenigstens zwei konzentrisch zueinander angeordneten, unabhängig voneinander schalt- und steuerbaren Heizelementen, die in der Heizzone zugeordnete, zueinander konzentrische Bereiche begrenzen, mit wenigstens einem ringförmigen, konzentrischen, in der Glaskeramikheizfläche durch parallele Leiterbahnen begrenzten Glaskeramiktemperaturmeßwiderstand in jedem einem Heizelement zuge-

ordneten Bereich der Heizzone, sowie mit in Wirkverbindung mit den jeweils einem Heizelement zugeordneten Glaskeramiktemperaturmeßwiderständen stehende Steuer- und Regeleinrichtungen zur Steuerung und Begrenzung der Leistungszufuhr zu dem jeweils zugeordneten Heizelement.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei welcher die Heizeinrichtung ein Zweikreisheizelement ist mit zwei konzentrisch zueinander angeordneten ringförmigen Heizelementen, und wobei in einem jeden einem Heizelement zugeordneten kreisförmigen Bereich der Heizzone jeweils ein ringförmiger Glaskeramiktemperaturmeßwiderstandstreifen angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei welcher die Heizzone mittels einer ovalen oder rechteckigen Mehrheizelementanordnung beheizbar ist und einen kreisförmigen Mittenbereich aufweist, der mittels mehrerer konzentrisch zueinander angeordneter kreisförmiger Heizelemente beheizbar ist, und wenigstens einen daran angrenzenden, zuschaltbaren, eckigen oder sichelförmigen Außenbereich in der Heizzone, wobei der Glaskeramiktemperaturmeßwiderstand im Außenbereich abhängig von der Geometrie des zuschaltbaren Heizelements die Gestalt einer Sichel oder einer Geraden aufweist.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

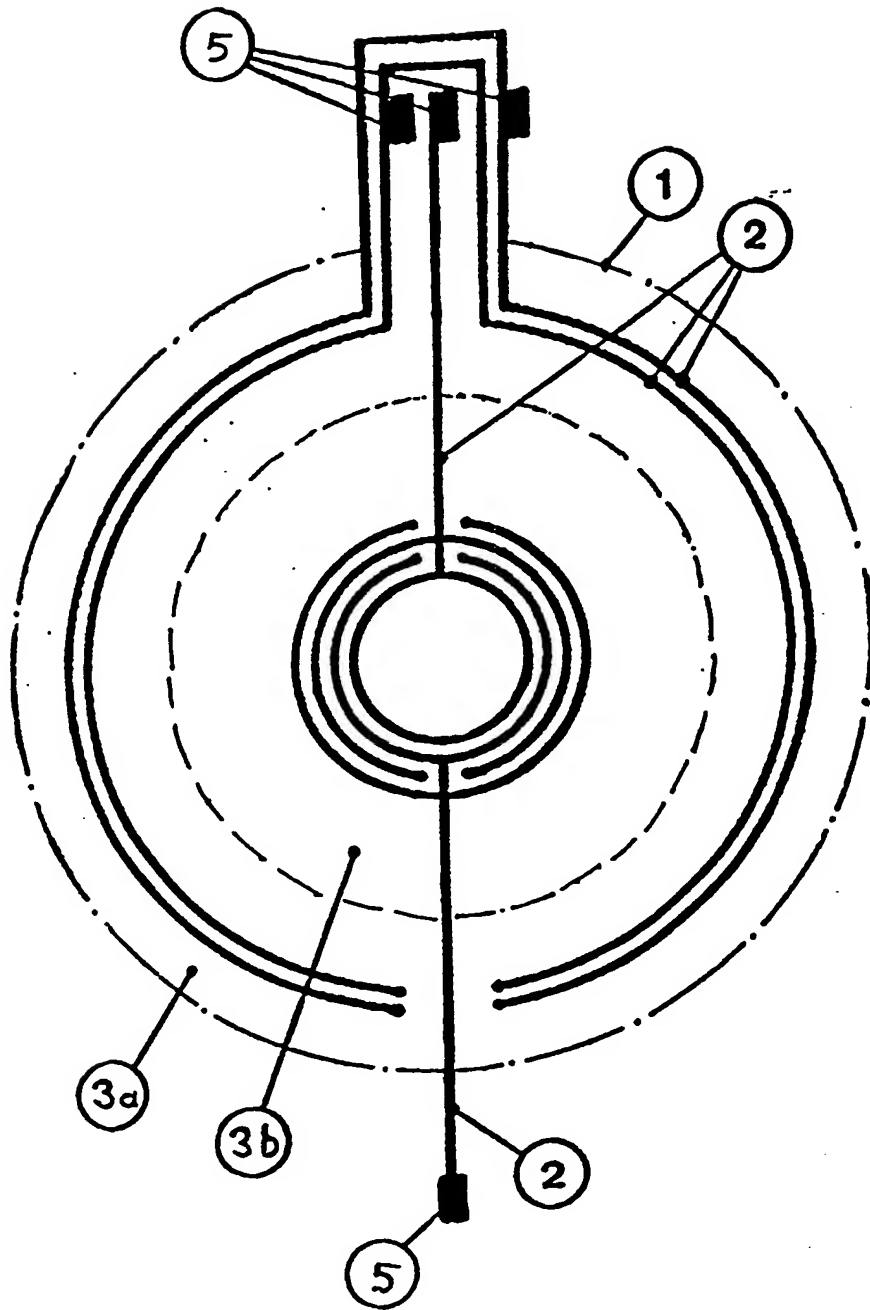


Fig. 1

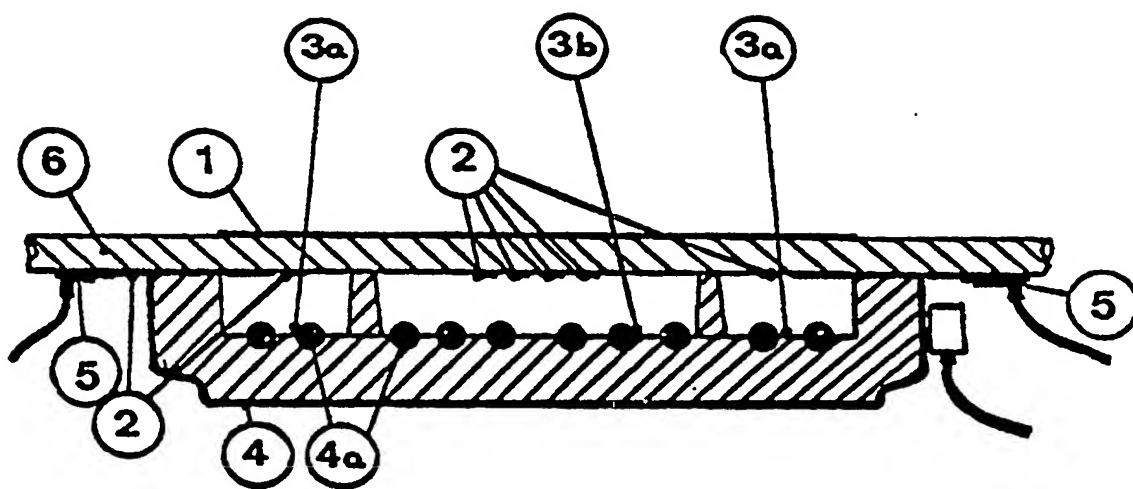


Fig. 2

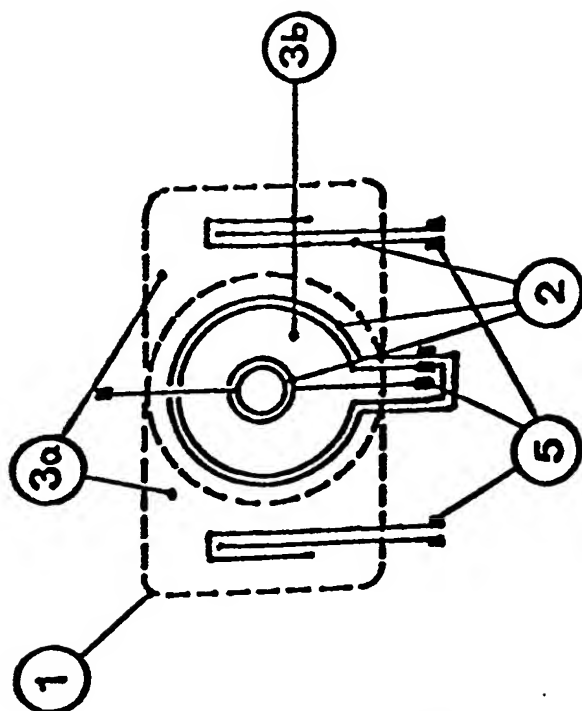


Fig. 3b

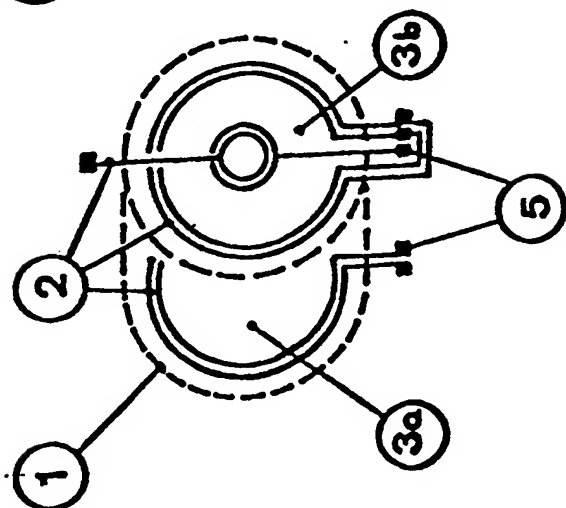


Fig. 3a

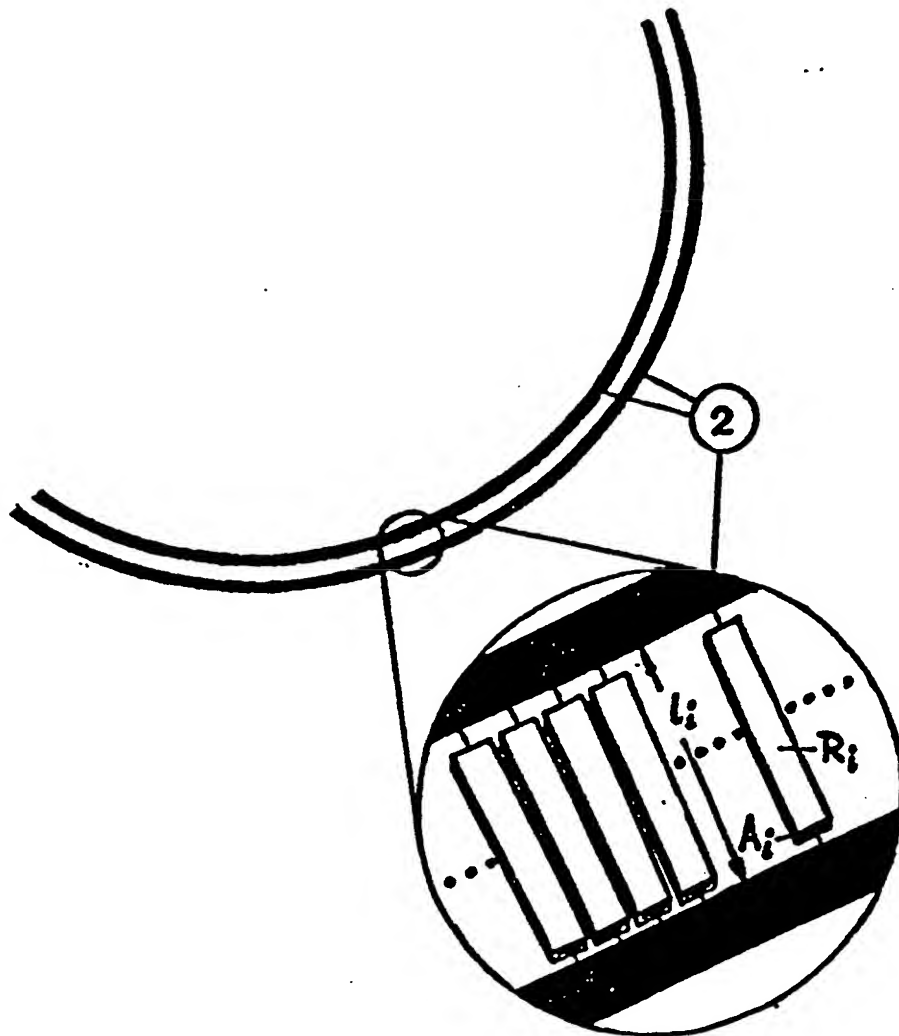


Fig. 4

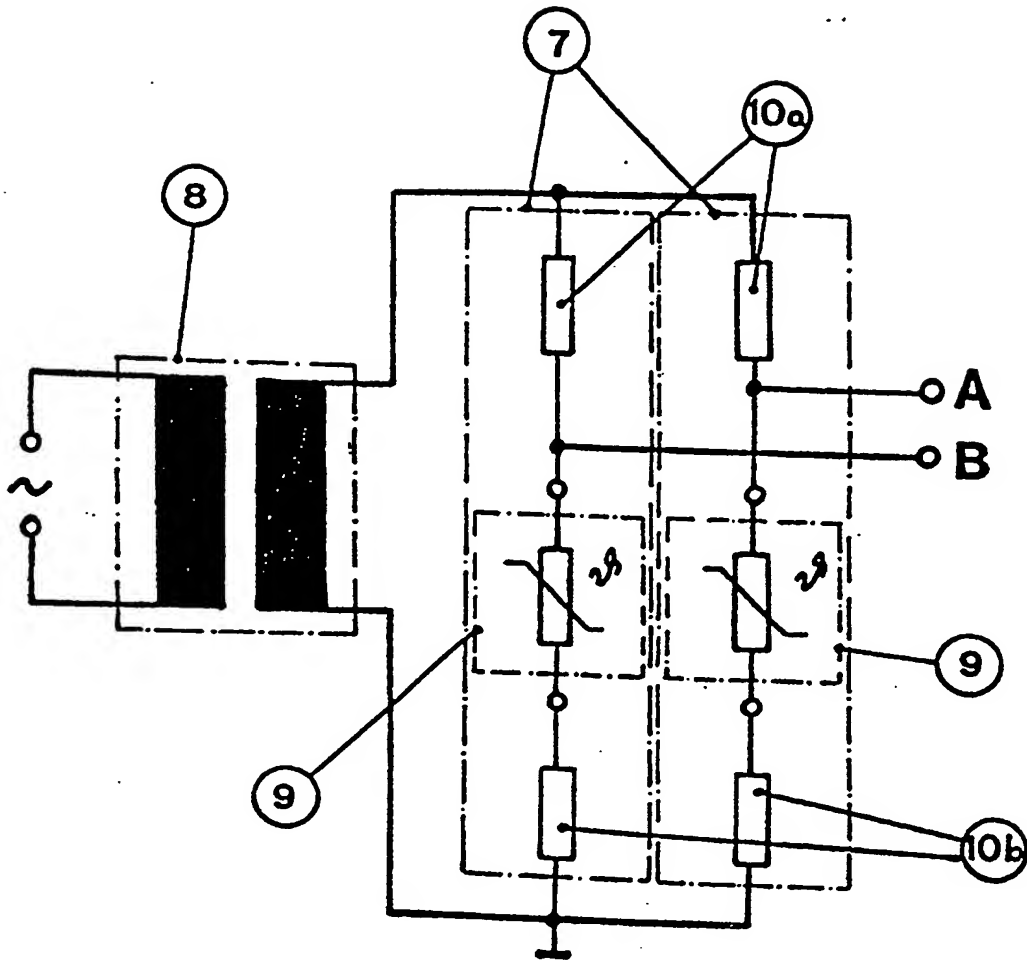


Fig. 5a

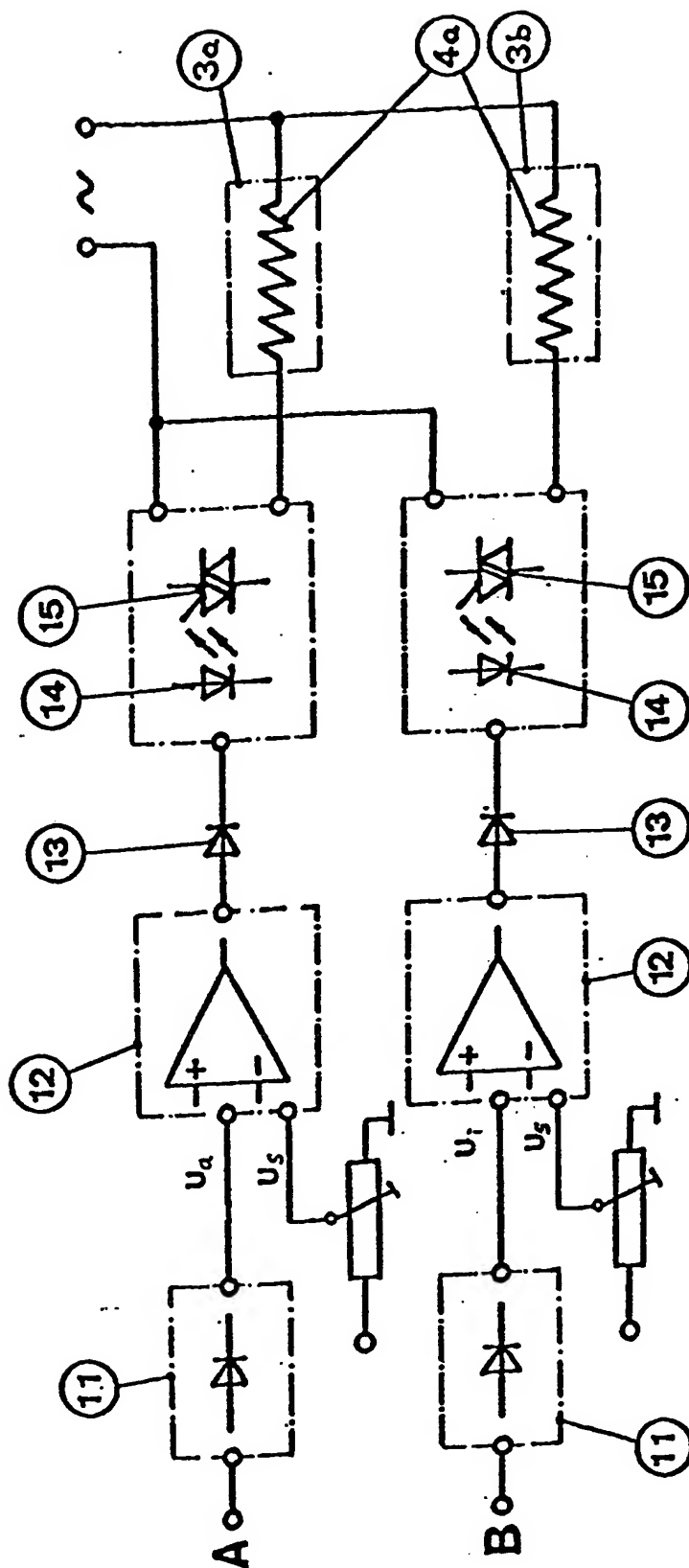


Fig. 5b

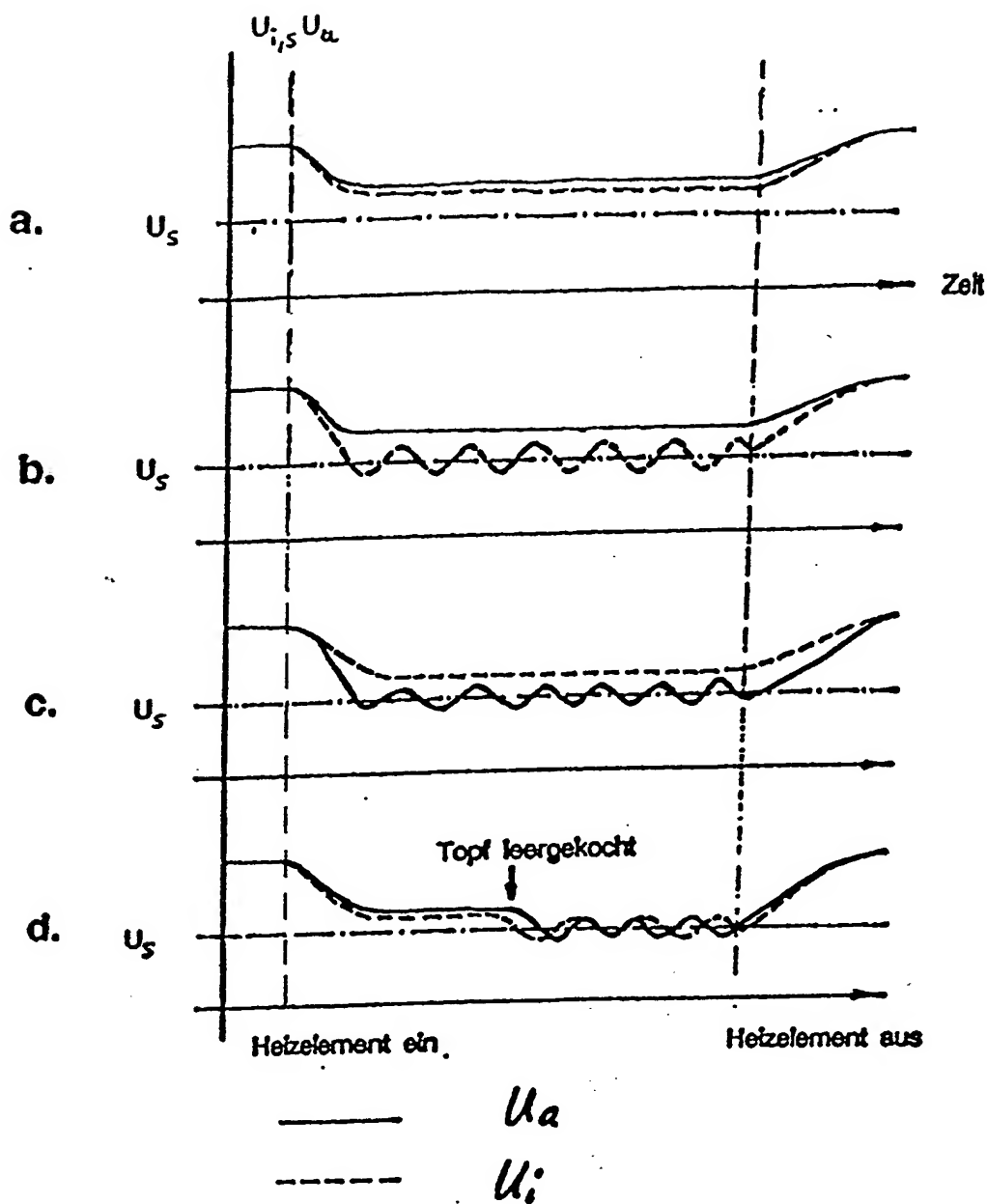


Fig. 6